

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-073127

(43)Date of publication of application : 17.03.1998

(51)Int.Cl.

F16C 17/10

(21)Application number : 08-247174

(71)Applicant : SANKYO SEIKI MFG CO LTD

(22)Date of filing : 29.08.1996

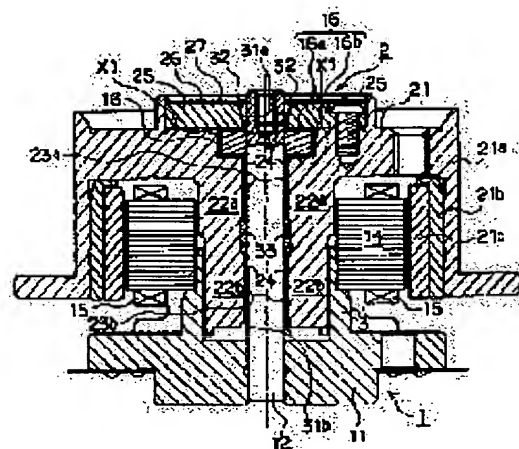
(72)Inventor : NOSE TAMOTSU
GOMYO MASATO
KANEBAKO HIDEKI
HAYAKAWA MASAMICHI

(54) DYNAMIC BEARING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent a lubricant leak favorably.

SOLUTION: Capillary tube seal parts 31a, 31b consisting of a narrow clearance are installed in both end sides of a bearing space and the external diffusion of a lubricant 24 is prevented by the dynamic pressure by the fluid viscosity resistance of the lubricant 24 when a large inertia force is loaded in addition to the bring back force by an original capillary force and also a balance state is made by generating a pressure difference for the lubrication intentionally at the dynamic bearing part 16a, 22b and moving the lubricant slightly so as to dissolve the pressure difference of this lubricant and the external diffusion of the lubricant at the rotation time is prevented thereby. Further, when the lubricant is slightly moved so as to solve the pressure difference of the lubricant and the balance state is made, the bearing space 33 between both dynamic bearing parts 16a, 22b positioned on the outermost end and the air dissolved in the lubricant is not separated and evaporated in the bearing space 33 and a volume expansion is prevented and the external diffusion of the lubricant at the rotation time is prevented.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

27.10.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3495521

[Date of registration]

21.11.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-73127

(43) 公開日 平成10年(1998) 3月17日

(51) Int.Cl.⁶

F 1 6 C 17/10

識別記号

庁内整理番号

F I

F 1 6 C 17/10

技術表示箇所

A

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平8-247174

(22) 出願日 平成8年(1996) 8月29日

(71) 出願人 000002233

株式会社三協精機製作所

長野県諏訪郡下諏訪町5329番地

(72) 発明者 能勢 保

長野県諏訪郡下諏訪町5329番地 株式会社
三協精機製作所内

(72) 発明者 五明 正人

長野県諏訪郡下諏訪町5329番地 株式会社
三協精機製作所内

(72) 発明者 金箱 秀樹

長野県諏訪郡下諏訪町5329番地 株式会社
三協精機製作所内

(74) 代理人 弁理士 後藤 隆英

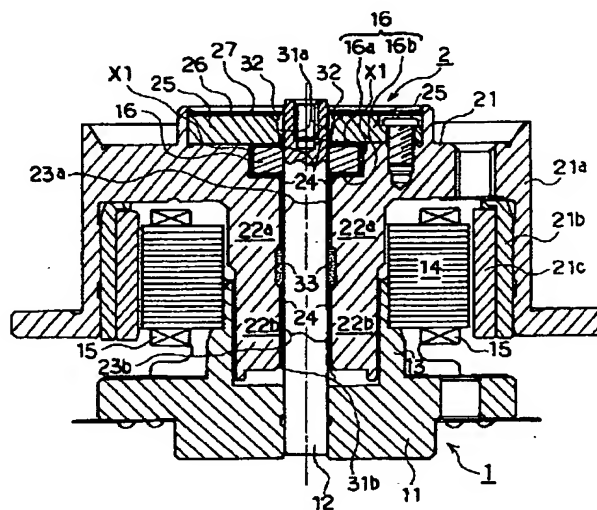
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 動圧軸受装置

(57) 【要約】

【課題】 潤滑剤漏れを良好に防止する。

【解決手段】 狭い隙間からなる毛細管シール部 3 1 a, 3 1 b を軸受空間の両端側に設け、本来の毛細管力による引戻し力に加えて大きな慣性力が負荷された場合に潤滑剤 2 4 の流体粘性抵抗による動圧力により潤滑剤 2 4 の外部拡散を防止すると共に、動圧軸受部 1 6 a, 2 2 b で潤滑剤に対して意図的に差圧を生じさせこの潤滑剤の差圧を解消するように潤滑剤を僅かに移動させてバランス状態としこれにより回転時における潤滑剤の外部拡散を防止し、さらに潤滑剤の差圧を解消するように潤滑剤の移動が僅かに行われて平衡状態にされた時、最外端に位置する各動圧軸受部 1 6 a, 2 2 b の動圧溝により、該両動圧軸受部の間の軸受空間 3 3 を潤滑剤により加圧し、軸受空間 3 3 において潤滑剤に溶け込んでいた空気を分離・気化させずに体積膨張を防止して回転時での潤滑剤の外部拡散を防止するように構成したもの。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 固定部材に対して回転部材を回転可能に支承する少なくとも 2 つの動圧軸受部が一連の軸受空間を画成し、この動圧軸受部を構成する固定部材及び回転部材の少なくとも一方側に、前記軸受空間内に充填された潤滑剤に動圧を発生させる動圧溝が設けられた動圧軸受装置において、

前記軸受空間の両端部分には、前記固定部材と回転部材との間の隙間を狭小にしてなる毛細管シール部がそれぞれ設けられていると共に、

前記潤滑剤は、前記動圧軸受部を含む両毛細管シール部同士の間の軸受空間内に連続して充填され、且つ前記少なくとも 2 つの動圧軸受部のうち、最外端に位置する各動圧軸受部の動圧溝は、前記軸受空間の一方側に向かう所定の差圧を前記潤滑剤に生じさせるような形状にそれぞれ形成されると共に、前記差圧が解消されて平衡した状態で、前記最外端に位置する両動圧軸受部の間の軸受空間が前記潤滑剤により加圧されるような形状にそれぞれ形成されていることを特徴とする動圧軸受装置。

【請求項 2】 少なくとも 2 つの動圧軸受部のうち、最外端に位置する各動圧軸受部の動圧溝は、該最外端に位置する両動圧軸受部の間の軸受空間に向かう差圧を潤滑剤に生じさせるような形状にそれぞれ形成されると共に、この両差圧の差を所定の差圧として前記潤滑剤が軸受空間の一方側に移動して平衡した状態で、前記両動圧軸受部の間の軸受空間が前記潤滑剤により加圧されるような形状にそれぞれ形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の動圧軸受装置。

【請求項 3】 両毛細管シール部のうち、潤滑剤の移動方向下流側の毛細管シール部のその隙間内容量は、潤滑剤の移動による変位分を許容する量に設定されていることを特徴とする請求項 2 記載の動圧軸受装置。

【請求項 4】 動圧軸受部は、2 つのラジアル軸受部と、2 つのスラスト軸受部と、を有し、これら 4 つの軸受部のうち、最外端に位置する各動圧軸受部の動圧溝が、軸受空間の一方側に向かう所定の差圧を潤滑剤に生じさせるような形状にそれぞれ形成されると共に、前記差圧が解消されて平衡した状態で、前記最外端に位置する両動圧軸受部の間の軸受空間が前記潤滑剤により加圧されるような形状にそれぞれ形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の動圧軸受装置。

【請求項 5】 回転時において潤滑剤が移動して露出する動圧溝は、固定部材側に形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか一つに記載の動圧軸受装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、潤滑剤に動圧を発生させ、その動圧により固定部材に対して回転部材を支持するように構成した動圧軸受装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、モータ等の各種装置において、特に高速回転に対応し得るようにオイル等の潤滑剤の動圧を利用した動圧軸受装置が種々検討され提案されている。この動圧軸受装置においては、固定部材側の動圧面と回転部材側の動圧面とが対向配置されていると共に、これら両対向動圧面のうちの少なくとも一方側に動圧発生用溝が形成されており、上記回転部材と固定部材との両対向面間に介在された所定のオイル等の潤滑剤が、回転部材の回転時に動圧発生用溝のポンピング作用により昇圧され、当該潤滑剤の動圧によって回転部材の回転支持が行われるようになっている。

【0003】 このように動圧軸受装置は、オイル等の潤滑剤（以下、単に潤滑剤という）を軸受部内に有しており、その潤滑剤の保持構造によって次の 3 つの型式に一般に大別することができる。

1) 部分潤滑剤構造（例えば、特開平 6-178492 号公報参照）

これは、潤滑剤が軸受部分のみに充填されており、軸受同士の間に空気層を設けた構造であって、最も単純な動圧軸受構造である。

2) 潤滑剤循環構造（例えば、米国特許 4,795,275 参照）

これは、軸受同士の間も潤滑剤で満たしておき、軸受端同士を循環孔で繋げた構造であって、回転時に発生する内部の圧力差（差圧）を解消するように潤滑剤を循環移動させる構造である。この構造によれば、潤滑剤の量を十分に確保して長寿命化を図ることが可能となると共に、潤滑剤の内部圧力差（差圧）を循環孔により常に解消しているため、潤滑剤の外部漏れを防止する点においても有利である。

3) 片袋保持構造（例えば、米国特許 5,427,456 参照）

軸受部の軸方向一端側を壁で閉塞して袋状の軸受空間を形成し、その軸受空間が外気と繋がる出口部を一個所とした構造であって、潤滑剤の圧力差を片袋構造により支えるように構成したものである。この構造によれば、潤滑剤の移動が防止されるため、簡易で低コストな動圧軸受構造を得ることができると共に、長寿命化と潤滑剤漏れ防止との双方が可能となる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上述した従来の各動圧軸受構造のうち、1) の「部分潤滑剤構造」においては、潤滑剤の注入量管理が難しい上に、軸受部内のスペースが小さいために潤滑剤の絶対量が少なくなってしまう絶対寿命が短いという問題がある。また、これを解消するために潤滑剤の充填スペースを拡大して潤滑剤の量を増やすと、今度は潤滑剤が漏れ易くなってしまう。さらに、軸受同士の間にある空気層が気圧及び温度の変化によって体積膨張及び縮小することから

潤滑剤の移動・漏れが生じ易く、これを防止するために外部に繋がる孔を設ける等の対策が必要となる。

【0005】また、上述した2)の「潤滑剤循環構造」においては、循環孔を設けるために構造が複雑化してしまい、従って量産性に乏しく、製造コストも高くなるという問題がある。

【0006】さらに、上述した3)の「片袋保持構造」では、片袋状の軸受部を作る結果として、所謂軸回転型及び軸固定型の何れの軸受構造であっても、軸部材が片持ち構造に限られてしまい、そのため用途が限定されるという問題がある。

【0007】そこで本発明は、簡易で低コストな構造で、潤滑剤漏れを良好に防止しつつ長寿命化を図ることができ、しかも適用性の広い動圧軸受装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために、まず、1) 潤滑剤漏れを防止する条件、2) 長寿命化を可能とするための条件、及び3) 低コストで量産性を良好とするための条件のそれぞれについて必要な点を考えてみる。

【0009】1) 潤滑剤漏れを防止するための条件。

1-1. 潤滑剤の外部漏れを防止するためには、まず潤滑剤の液面位置が固定部材と回転部材との間の狭い隙間内にあることが必要である。これは、回転及び停止の双方の状態を含むのは勿論、温度・気圧が変化した状態、全ての姿勢状態、振動・衝撃が加わった状態、潤滑剤の注入量のばらつき及び蒸発などによる量変化した状態等、仕様内のあらゆる状態に対して必要な条件である。

【0010】特に、動圧軸受に対して大きな慣性力が負荷された場合には、毛細管力や磁気力によるシール力だけでは潤滑剤を保持することが難しくなるため、その場合には、潤滑剤の流体粘性抵抗による動圧力を潤滑剤保持力の主とする必要がある。そしてこの潤滑剤の流体粘性抵抗による動圧力を大きくするためには、潤滑剤の表面位置における隙間を一定以下に狭くする必要がある。

【0011】さらに、上述したように潤滑剤の液面位置が常に狭い隙間内にあるには、

- a. 潤滑剤の液面位置及び量が、上述した何れの状態にあっても大きく変動しないこと、
- b. 潤滑剤の注入時における液面位置を管理・調整することができ、簡単に指定の位置内とすることができること、
- c. 狭い隙間内における液面指定位置の前後に、ある程度の体積的余裕があること、などが必要となる。

【0012】1-2. 潤滑剤の外部漏れを防止するための次の条件としては、停止時において、毛細管シール力が働く状態になっていることがある。つまり、潤滑剤を軸受内部の所定の位置に維持する力としての毛細管力による引戻力が、連続的に作用していることが必要である。

【0013】1-3. さらに潤滑剤の外部漏れを防止するためには、回転時において潤滑剤の内部差圧が解消されており、バランスがとれた状態であることを要する。つまり、回転時に発生する動圧力または遠心力によって潤滑剤内に圧力差が生じることとなるが、この圧力差は一般にシール圧力よりもかなり大きくなってしまい、例えば、2つの出口部同士の間で潤滑剤に圧力差があると、その圧力差が解消されるまで潤滑剤が移動して外部漏れの原因となることがある。すなわち、潤滑剤の外部漏れを防止するためには、潤滑剤の僅かな移動量だけで上述した圧力差が解消され、バランスが取れるようにした構造、或は、片袋保持構造のように圧力差を支えられる構造とすることが必要である。

【0014】1-4. さらにまた潤滑剤の外部漏れを防止するためには、回転時において軸受部間の軸受空間（所謂潤滑剤溜り部）を正圧とする必要がある。これは、潤滑剤溜り部が負圧になると、潤滑剤に溶け込んでいた空気が分離・気化して該潤滑剤溜り部に溜り、その体積膨張分潤滑剤が押し出されてしまうからである。

【0015】また、外気に繋がる出口部の付近は、潤滑剤が濡れ拡散しない条件、例えば種々の環境条件下においても潤滑剤の接触角が0度とならないような部分を、各出口部の外側に設けておく等の対策を施しておくことが潤滑剤漏れを防止するために必要である。

【0016】2) 長寿命化を可能とするための条件。長寿命化を図るためには、まず、軸受部内に充填された潤滑剤の容量の何倍かの量の潤滑剤が余裕分として保持されていることが必要である。これは、軸受の使用により潤滑剤に摩耗粉が混入したり、化学的変化を生じたり、蒸発や漏れなどが、材料・条件により程度の差あるものの必ず生じ、これらを原因として潤滑剤の劣化・減少を招来するからである。従って、動圧軸受の長寿命化は、どの程度の余裕潤滑剤を内部に保持できるかが目安となると共に、蒸発や漏れなどによる潤滑剤の減少をいかに少なくできるかがポイントとなる。

【0017】3) 低コストで量産性を良好とするための条件。

これを達成するためには、当然のことであるが、できるだけ簡易な構造とすることが重要である。

【0018】このようなことから、本発明にかかる動圧軸受装置は、固定部材に対して回転部材を回転可能に支承する少なくとも2つの動圧軸受部が一連の軸受空間を画成し、この動圧軸受部を構成する固定部材及び回転部材の少なくとも一方側に、前記軸受空間内に充填された潤滑剤に動圧を発生させる動圧溝が設けられた動圧軸受装置において、前記軸受空間の両端部分には、前記固定部材と回転部材との間の隙間を狭小にしてなる毛細管シール部がそれぞれ設けられていると共に、前記潤滑剤は、前記動圧軸受部を含む両毛細管シール部同士の間の軸受空間内に連続して充填され、且つ前記少なくとも2

つの動圧軸受部のうち、最外端に位置する各動圧軸受部の動圧溝は、前記軸受空間の一方側に向かう所定の差圧を前記潤滑剤に生じさせるような形状にそれぞれ形成されると共に、前記差圧が解消されて平衡した状態で、前記最外端に位置する両動圧軸受部の間の軸受空間が前記潤滑剤により加圧されるような形状にそれぞれ形成されていることを特徴としている。

【0019】そして、このような動圧軸受装置によれば、まず潤滑剤の液面位置が、固定部材と回転部材との間の狭い隙間からなる毛細管シール部に存在し、停止時において、毛細管シール力が常時働く状態になっており、この毛細管シール力に基づく引戻力によって潤滑剤が内部側所定の位置に保持される。一方、大きな慣性力Gが負荷された場合には、潤滑剤の流体粘性抵抗による動圧力が、狭い隙間からなる毛細管シール部に発生し、これにより潤滑剤の外部拡散が防止される。

【0020】回転時においては、動圧軸受部で潤滑剤に対して意図的に差圧が生じさせられ、この潤滑剤の差圧を解消するように潤滑剤の移動が僅かに行われて平衡状態になされるため、回転時における潤滑剤の外部拡散が防止されるようになっている。

【0021】さらに、潤滑剤の差圧を解消するように潤滑剤の移動が僅かに行われて平衡状態になされた時、最外端に位置する各動圧軸受部の動圧溝により、該最外端に位置する両動圧軸受部の間の軸受空間（潤滑剤溜り部）が潤滑剤により加圧されているため、この軸受空間において潤滑剤に溶け込んでいた空気が分離・気化することはなく体積膨張が行われずに、回転時における潤滑剤の外部拡散がより防止されるようになっている。

【0022】加えて、このような漏れ防止作用を有する毛細管シール部が、固定部材と回転部材との間の狭小隙間により簡易に構成されているため、製作の容易化が図られ生産性が向上されるようになっている。

【0023】また、特に請求項3の動圧軸受装置によれば、潤滑剤の移動方向下流側の毛細管シール部の隙間内容量が、潤滑剤の移動による偏位分を許容する容量に設定されているため、潤滑剤の漏れがより防止されるようになっている。

【0024】また、動圧溝が回転部材側に形成されている場合には、回転時において潤滑剤が移動してラジアル軸受部の動圧溝が一部露出し、この露出した動圧溝が回転することによって該露出した動圧溝を介してエアが送り出され、この送り出されたエア及び凹凸を有し回転する動圧溝により潤滑剤の界面が乱れて気泡を抱き込みやすくなり、その結果体積膨張が行われて、回転時における潤滑剤の外部拡散の畏れが大きくなるが、特に請求項5の動圧軸受装置によれば、回転時において潤滑剤が移動して露出する動圧溝が固定部材側に形成されているため、該動圧溝が回転部材側に形成されている場合に比して、潤滑剤の界面の乱れが抑えられて気泡の抱き込

みが抑止されるようになり、回転時における潤滑剤の外部拡散がより防止されるようになっている。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、本発明を、所謂両端軸固定型のHDDスピンドルモータに適用した実施形態について図面により詳細に説明する。まず、図1に示されたHDDスピンドルモータの全体構造を説明すると、このHDDスピンドルモータは、固定部材としてのステータ組1と、このステータ組1に対して図示上側から組み付けられた回転部材としてのロータ組2とから構成されている。このうちステータ組1は、図示省略した固定基台側にネジ止めされるフレーム11を有していると共に、このフレーム11の略中央部分に立設された固定軸12が、図示上方に向かって延在している。この固定軸12の先端部（図示上端部）は、図示を省略した固定基台に対して螺子止めされる。

【0026】また、上記フレーム11は、中空円筒状の支持ホルダー13を有しており、この支持ホルダー13の外周にステータコア14が嵌着されており、当該ステータコア14の突極部に対して巻線15が巻回されている。

【0027】一方、上記ロータ組2は、図示を省略した所定の記録媒体を支持するためのハブ21を有しており、このハブ21は、当該ハブ21の中心部分に配置された一対のラジアル動圧軸受部22a、22bを介して上記固定軸12の外周側に回転自在に支承されている。

【0028】上記ハブ21は、磁気ディスク等の磁気記録媒体を外周部に装着する略円筒形状の胴部21aを有していると共に、この胴部21aの内周側に、バックヨーク21bを介して駆動マグネット21cが環状に装着されている。この駆動マグネット21cは、前述したステータコア14の外周端面に対して環状に対向するように近接配置されている。

【0029】また、上記一対のラジアル動圧軸受部22a、22bは、ハブ21の内周側に当該ハブ21と一体に形成されており、軸方向に所定間隔離して並列するように配置されている。これらの各ラジアル動圧軸受部22a、22bの内周面と、前記固定軸12の外周面とは、数 μ mの隙間を介して対向配置されている。

【0030】そして、上記各ラジアル動圧軸受部22a、22bと固定軸12との両対向面のうち、少なくとも一方側には、図2に示されているようなヘリンボーン形状のラジアル動圧発生用溝23a、23bが環状に並列するように凹設されていると共に、上記両対向面間には、オイルや磁性流体等からなる所定の潤滑剤24が介在されており、前記ハブ21の回転時に、ラジアル動圧発生用溝23a、23bのポンピング作用によって潤滑剤24が昇圧されて動圧が生じ、この潤滑剤24に生じさせられた動圧によって、ハブ21がラジアル方向に軸支持されるように構成されている。上記ラジアル動圧発

生用溝23a, 23bのヘリンボーン形状については後述する。

【0031】本実施形態における上記潤滑剤24としては、当該潤滑剤24の寿命と良好な軸受特性とを両立し得るように、トリメチロールプロパン（TMP）またはペンタエリスリトール（PE）と、炭素数5～18の直鎖または分岐脂肪酸とをエステル化した構造のオイルが使用されており、その中でも、特に蒸発率が 10^{-7} g/h \cdot cm²（at 40 $^{\circ}$ C）以下で、粘度が30 cP（at 40 $^{\circ}$ C）以下のオイルが用いられている。

【0032】なお、このような潤滑剤24を軸受内部に注入するにあたっては、組立が完了したモータを一旦真空室内に入れ、その真空引きした状態で毛細管力または外部大気圧を利用して行う。このようにすれば、含有空気率が低い状態で軸受内部全体に潤滑剤24を満たすことが可能となる。

【0033】さらに、上記固定軸12の先端側（図示上端側）の途中部分には、2つのスラスト動圧軸受部16a, 16bを構成するリング状のスラスト板16が固着されている。このスラスト板16により構成される2つのスラスト動圧軸受部16a, 16bは、図示上側に配置されたラジアル動圧軸受部22aの図示上側に隣接するように配置されている。

【0034】すなわち、上記スラスト板16の図示下側は、図示上側に配置されているラジアル動圧軸受部22aの端面（図示上端面）に対面するように配置されていると共に、スラスト板16の図示上端面は、前記ハブ21の中央部分に螺子止めされたスラスト押え板25の端面（図示下端面）に対面するように配置されている。

【0035】また、上記スラスト板16とラジアル動圧軸受部22aとの対向面同士の間、及びスラスト板16とスラスト押え板25と対向面同士の間各隙間部分には、上述したラジアル動圧軸受部22a, 22b側の潤滑剤24が連続するようにして充填されている。

【0036】上記スラスト動圧軸受部16bを構成するスラスト板16の軸方向下端面には、図4に示されているようなヘリンボーン形状のスラスト動圧発生用溝17bが環状に形成されている。すなわち、下側のスラスト動圧軸受部16bでは、図6上半部分に示されているように、一対の動圧発生用溝17b, 17bにおける各半径方向の長さLa, La同士が、実質的に同一の軸方向長さにそれぞれ設定されている（実質的にLa=La）。すなわち、周速と面積との関係から内側の溝長の方がやや長く形成されているものは、両者の中心側に向かう加圧力がバランスするように実質的に同一の溝長さに形成されている。

【0037】一方、上記スラスト動圧軸受部16aを構成するスラスト板16の軸方向上端面には、図5に示されているようなヘリンボーン形状のスラスト動圧発生用溝17aが環状に形成されている。すなわち、上側のス

ラスト動圧軸受部16aでは、図6下半部分に示されているように、一対の動圧発生用溝17a, 17aのうち、半径方向内側の傾斜溝の半径方向長さLb1が、半径方向外側の傾斜溝の半径方向長さLb2より実質的に長く設定されており（実質的にLb1>Lb2）、このような半径方向に実質的に非対称な溝形状に形成されていることによって、半径方向内側の傾斜溝による加圧力が、半径方向外側の傾斜溝による加圧力を上回り、従って半径方向外方に向かう差圧P2（図7参照）を潤滑剤24に生じさせるように構成されている。

【0038】そして、上記ハブ21の回転時に、スラスト動圧発生用溝17a, 17bのポンピング作用によって潤滑剤24が昇圧されて動圧が生じ、この潤滑剤24に生じさせられた動圧によってハブ21がスラスト方向に軸支持されるように構成されている。

【0039】この時、上記スラスト押え板25は、上述した各動圧軸受部の組付後にハブ21に対して接合されるが、前記潤滑剤24の充填部分に臨む接合部は、このスラスト押え板25による接合部のみであって、潤滑剤24の充填部分に対するその他の部位は一体に成形されて密閉性を確保している。

【0040】このスラスト押え板25とハブ21との接合部は、潤滑剤24の注入前に、接着剤によって完全密閉構造となるように接合され、これによって潤滑剤24に対する密閉性が良好に確保されている。この接合部に充填される接着剤は、当該接合部に形成された環状案内溝（図示省略）の毛細管力によって、接合部全周にわたって切れ目なく連続的に充填されるようになっており、これによって密閉構造が完全化される。

【0041】また、上記スラスト押え板25には、外側（図示上側）から吸収布26を介して薄板状のストッパ板27が設けられており、これら吸収布26及びストッパ板27によって、最悪の場合でも、潤滑剤24の外部飛散が防止されるようになっている。

【0042】上述した2つのラジアル動圧軸受部22a, 22b、及び2つのスラスト動圧軸受部16a, 16bは、軸方向に延びる一連の軸受空間を画成するように併設されており、これら4つの動圧軸受部16a, 16b, 22a, 22bを含む軸受空間の軸方向両端部分には、前記固定軸12と回転側の部材22b, 25との隙間を狭小にしてなる2箇所の毛細管シール部31a, 31bが、前記4つの動圧軸受部16a, 16b, 22a, 22bを軸方向両側から挟むように設けられている。

【0043】これらの各毛細管シール部31a, 31bのうち、図示下側の毛細管シール部31bは、図示下側に配置されたラジアル動圧軸受部22bの一部に設けられており、より具体的には、当該ラジアル動圧軸受部22bの軸方向外端部分（図示下端部分）の内周壁と、前記固定軸12の外周面との隙間を狭小にすることによ

10

20

30

40

50

て形成されている。従って、この図示下側の毛細管シール部 31b を構成する狭小隙間は、図示下側のラジアル動圧軸受部 22b の軸受部を構成する隙間に対して直接的に連通されていると共に、この毛細管シール部 31b とラジアル動圧軸受部 22b との連通部分には、隙間を拡大するような凹部は設けられていない。

【0044】一方、図示上側の毛細管シール部 31a は、スラスト動圧軸受部 16a を構成するスラスト押え板 25 と固定軸 12 との間の隙間により形成されており、前述したスラスト押え板 25 の内周壁と固定軸 12 の外周面との間の隙間を狭小にすることによって形成されている。

【0045】これら図示上下両側の各毛細管シール部 31a, 31b は、当該毛細管シール部 31a, 31b を構成する狭小隙間が図示上下の外方に開口するように軸方向に沿って設けられている。そして、これらの各毛細管シール部 31a, 31b の狭小隙間を構成するように固定軸 12 側に各々対面しているスラスト押え板 25 の内周壁、及び図示下側のラジアル動圧軸受部 22b の内周壁は、軸方向外方に向かって上記隙間の寸法を連続的に拡大するように傾斜壁に形成されており、この連続的に拡大している狭小隙間の寸法が、 $20\mu\text{m}$ から $300\mu\text{m}$ となっている部位を毛細管シール部 31a, 31b としている。また、これらの各毛細管シール部 31a, 31b の外方部分には、潤滑剤 24 の外部拡散による漏れを防止するための撥油が被着された部位がそれぞれ設けられている。

【0046】前述したように、4つの動圧軸受部 16a, 16b, 22a, 22b を含む上記 2箇所の毛細管シール部 31a, 31b 同士の間の軸受空間部分には、潤滑剤 24 が連続して充填されており、その潤滑剤 24 の図示上下端における各液面位置が、モータ停止時においては、図 3 及び図 7 中にそれぞれ実線 A, B で示されているように、各毛細管シール部 31a, 31b の内部所定位置となるように設定されている。

【0047】また、モータ回転時においては、潤滑剤 24 の両液面のうち、図示上端側の液面の位置が、図 7 中の破線 A' で示されているように、図示上側の毛細管シール部 31a 内に保持されていると共に、図示下端側の液面位置は、図 3 中の破線 B' で示されているように、図示下側に配置されているラジアル動圧軸受部 22b 内に引き込まれた位置に設定されている。このような潤滑剤 24 の移動については後述する。

【0048】一方、上述したラジアル動圧軸受部 22a, 22b におけるヘリンボーン形状の各動圧発生用溝 23a, 23b は、図 2 に示されているように、当該ラジアル動圧軸受部 22a, 22b の軸方向両端部から中心側で合流するようにして「く」の字状に延びる一対の傾斜溝を環状に並列することにより構成されている。各動圧発生用溝 23a, 23b を構成する各傾斜溝は、数

μm の溝深さに形成されており、軸方向両端側から中心側に向かって潤滑剤 24 を加圧するようになっている。

【0049】この時、図示上側のラジアル動圧軸受部 22a では、図 2 に示されるように、一対の動圧発生用溝 23a, 23a 同士が、ほぼ同一の軸方向長さ L_a にそれぞれ設定されており、これによって図示上側の動圧発生用溝 23a による図示下側方向への加圧力と、図示下側の動圧発生用溝 23a による図示上側への加圧力とがほぼ等しくなって、軸方向両端側から中心側に向かう加圧力がほぼバランスするように構成されている。

【0050】これに対して、軸方向における最外部分に配置された図示下側のラジアル動圧軸受部 22b では、図 2 に示されるように、一対の動圧発生用溝 23b, 23b のうち、軸方向外側（図示下側）の傾斜溝の軸方向長さ L_{b1} が、軸方向内側（図示上側）の傾斜溝の軸方向長さ L_{b2} より長く設定されている ($L_{b1} > L_{b2}$)。すなわち、このような軸方向に非対称な溝形状に形成されていることによって、図示下側の傾斜溝による上方加圧力が、図示上側の傾斜溝による下方加圧力を上回り、軸方向一方側（図示上側）に向かって所定の差圧 P_1 (図 3 参照) を潤滑剤 24 に生じさせる構造になされている。

【0051】このように軸受空間内に一連に充填されている潤滑剤 24 には、ラジアル動圧軸受部 22b により生じる差圧 P_1 と、上述したスラスト動圧軸受部 16a により生じる差圧 P_2 とが作用することになるが、本実施形態では、ラジアル動圧軸受部 22b による差圧 P_1 とスラスト動圧軸受部 16a による差圧 P_2 との差圧差 ($P_1 - P_2$) が、 $(P_1 - P_2) > 0$ となるように、上記ラジアル動圧発生用溝 23b 及びスラスト動圧発生用溝 17a の形状が決定されている。

【0052】従って、潤滑剤 24 は、 $P_1 > P_2$ により図示上側に向かって移動して偏位することとなるが、この潤滑剤 24 の移動方向下流側（図示上側）の毛細管シール部 31a は、図 7 に示されているように、潤滑剤 24 の移動による偏位分を許容する隙間内容量に設定されており、上述したように、モータ回転時においても潤滑剤 24 の液面位置が毛細管シール部 31a 内に保持されるようになっている（図 7 中の破線 A' 参照）。

【0053】より具体的には、この潤滑剤 24 の移動方向下流側（図示上側）の毛細管シール部 31a は、 0.5mm 以上の軸方向長さ設定されていると共に、当該毛細管シール部 31a の隙間内容量または軸方向長さ、潤滑剤 24 の移動により当該潤滑剤 24 が減少する側（図示下側）の毛細管シール部 31b の隙間内容量または軸方向長さの 3 倍以上に設定されている。また、この潤滑剤 24 の移動による当該潤滑剤 24 の偏位分を許容する側の毛細管シール部 31a における隙間寸法は、潤滑剤 24 の移動により当該潤滑剤 24 が減少する側の毛細管シール部 31b の実質的な隙間寸法、すなわちラ

ラジアル動圧軸受部 22b における動圧発生用溝 23b を含めた隙間寸法より大きく設定されている。これは、潤滑剤 24 の注入量の増減に対する余裕を持たせると共に、潤滑剤 24 の移動や蒸発による潤滑剤 24 の減少に対して量的な余裕を持たせるためである。

【0054】一方、前述したように、潤滑剤 24 の移動方向上流側（図示下側）の毛細管シール部 31b は、ラジアル動圧軸受部 22b の軸方向外端部分（図示下端部分）に設けられているため、潤滑剤 24 が上述した差圧により図示上側に向かって移動して偏位した際には、図 3 中の破線 B' で示されているように、当該図示下側の毛細管シール部 31b 内の潤滑剤 24 の全部が消失し、且つラジアル動圧軸受部 22b 内の潤滑剤 24 における図示下側の一部が消失するように構成されている。

【0055】より具体的には、ハブ 21 が回転したときの上述した差圧による潤滑剤 24 の移動により、図示下側の動圧発生用溝 23b の軸方向長さ Lb1 の約 1/4 の長さにわたって潤滑剤 24 が枯渇し、図示下側の動圧発生用溝 23b に残された潤滑剤 24 の軸方向長さ Lb3 が、図示上側の動圧発生用溝 23b の軸方向長さ Lb2 とほぼ等しくなる位置まで液面が上昇する。そして、潤滑剤が枯渇した分、図示下側の動圧発生用溝 23b で発生する動圧力が低下して差圧が解消するようになって

いる。

【0056】また、この軸方向最外部に配置されている図示下側のラジアル動圧軸受部 22b は、潤滑剤 24 が枯渇・消失する部位に、当該部位における隙間を他の部位の隙間より大きくする窪み部 28 が形成されており、この窪み部 28 によって、潤滑剤 24 の枯渇・消失時においても、衝撃等による急激な大負荷力によってラジアル動圧軸受部 22b の内周面が固定軸 12 の外周面に接触することのないように構成されている。この窪み部 28 としては、図 3 に示されているような段部形状として、隙間を 2 μm 程度大きしたものや、テーパ形状として最外端部における隙間を 0.5 μm ないし 3 μm 程度大きくするようにしたもの等が考えられる。

【0057】図 1 に戻って、上述した図示上側の毛細管シール部 31a の軸方向外側（図示上側）には、当該毛細管シール部 31a に対して軸方向に連続するようにして潤滑剤注入部 32 が設けられている。この潤滑剤注入部 32 は、毛細管シール部 31a を構成している狭小隙間に連続する拡大隙間からなっており、前記固定軸 12 側に対面しているスラスト押え板 25 の内周壁を、毛細管シール部 31a を構成している傾斜壁よりもさらに大きい開角で傾斜させることによって形成されている。

【0058】この潤滑剤注入部 32 を構成する傾斜壁は、軸方向に向かって潤滑剤 24 が良好に進入して行くように、70 度以下の開角に形成されていると共に、当該潤滑剤注入部 32 の軸方向最外端における隙間が 40

μm 以上となるように設定されている。また、この潤滑剤注入部 32 の隙間内容量は、前述した 2 つの毛細管シール部 31a, 31b 同士の間を結ぶ軸受空間の内容量より大きく設定されており、これによって、潤滑剤 24 の全量を、一旦、潤滑剤注入部 32 内に注入することができ、以後は毛細管力によって内部側（図示下側）に案内されていき、大気開放によって軸受空間の全長に渡って潤滑剤 24 が満たされるようになっている。

【0059】また、前述したラジアル動圧軸受部 22a, 22b 同士の軸方向間部分には、内周面を窪ませることによって固定軸 12 との隙間を拡大してなる潤滑剤溜り部 33 が設けられている。本実施形態における潤滑剤溜り部 33 の隙間寸法は、ラジアル動圧軸受部 22a, 22b における軸受隙間寸法の 3 倍以上または 40 μm 以上に設定されている。これは、軸受部に対して潤滑剤 24 に量的余裕をもたせるように一定量以上の潤滑剤 24 を潤滑剤溜り部 33 内に確保して長寿命化を図るためである。

【0060】また、前述したスラスト板 16 の外周面とこの外周面に対向するハブ 21 の内周面との間にも潤滑剤溜り部 X1（図 1 参照）が形成されており、また図示下側のスラスト軸受部 16b と図示上側のラジアル軸受部 22a との境界部にも潤滑剤溜り部 X2（図 7 参照）が形成されている。すなわち、本実施形態の動圧軸受装置では、2 つのスラスト軸受部 16a, 16b と、2 つのラジアル軸受部 22a, 22b と、3 つの潤滑剤溜り部 33, X1, X2 と、を備えている。

【0061】このような実施形態装置によれば、先ず潤滑剤 24 の液面位置が、固定軸 12 と回転側部材 25, 22b との間の狭隙間からなる毛細管シール部 31a, 31b 内に存在するため、回転時には勿論停止時においても毛細管シール力が常時働く状態になっており、この毛細管シール力に基づく引戻力によって、潤滑剤 24 が内部側の所定位置に保持される。

【0062】一方、大きな慣性力が負荷された場合には、潤滑剤 24 の流体粘性抵抗による動圧力が狭隙間からなる毛細管シール部 31a, 31b に生じ、その潤滑剤 24 の流体粘性抵抗による動圧力が保持力の主となって、潤滑剤 24 の外部拡散が防止される。

【0063】回転時には、ラジアル動圧軸受部 22b で潤滑剤 24 に対して差圧 P1 が意図的に生じさせられると共に、スラスト動圧軸受部 16a で潤滑剤 24 に対して上記差圧 P1 に対向する差圧 P2 が意図的に生じさせられ、この潤滑剤 24 の差圧差 (P1 - P2) を解消するように潤滑剤 24 の移動が僅かに行われて平衡状態になされる。すなわち、毛細管シール部 31a では潤滑剤 24 の界面が A → A' に移動し、毛細管シール部 31b では潤滑剤 24 の界面が B → B' に移動し、このようなバランスによって回転時における潤滑剤 24 の外部拡散が防止される。

【0064】このバランスは、最外端の一方に位置する

スラスト動圧軸受部 16 a のスラスト動圧発生用溝 17 a による潤滑剤 24 の他の軸受部側（潤滑剤溜り部 33 側）に向かう加圧力と、最外端の他方に位置するラジアル動圧軸受部 22 b のラジアル動圧発生用溝 23 b による潤滑剤 24 の他の軸受部側（潤滑剤溜り部 33 側）に向かう加圧力と、の互いに押し合う加圧力の均衡によりとられるため、上記 3 つの潤滑剤溜り部 33、X1、X2 は、全て加圧されることになる。従って、これら潤滑剤溜り部 33、X1、X2 においては、潤滑剤 24 に溶け込んでいた空気が分離・気化することではなく体積膨張が行われずに、回転時における潤滑剤 24 の外部拡散が、より防止されることになる。

【0065】さらに、潤滑剤 24 の移動方向下流側の毛細管シール部 31 a が、潤滑剤 24 の差圧差による移動による偏位分を許容する隙間内容量に設定されているため、潤滑剤 24 の漏れが防止される。

【0066】また、当該発明による毛細管シール部 31 a、31 b は、傾斜面による簡易な構成を有しているため、製作の容易化が図られ生産性が向上される。

【0067】なお、本実施形態では、ラジアル動圧発生用溝を、固定軸 12 と回転側部材 22 a、22 b との両対向面のうち、少なくとも一方側に設けるようにしているが、特に図示下側のラジアル動圧発生用溝 23 b に限しては、固定軸 12 に設けるのがより好ましい。

【0068】これは、ラジアル動圧発生用溝 23 b が回転側部材 22 b に設けられていると、回転時において潤滑剤 24 が上述のように図示上方に移動して該ラジアル動圧発生用溝 23 b の図示下部が一部露出した時に、この露出したラジアル動圧発生用溝 23 b が回転することによって該露出したラジアル動圧発生用溝 23 b を介してエアが送り出され、この送り出されたエア及び凹凸を有し露出して回転する動圧発生用溝 23 b により潤滑剤 24 の界面が乱れて気泡を抱き込みやすくなって該気泡が潤滑剤溜り部 33 に溜り、その結果体積膨張が行われて、回転時における潤滑剤の外部拡散の畏れが大きくなるが、該ラジアル動圧発生用溝 23 b が固定軸 12 に設けられていれば、回転時において潤滑剤 24 が移動して該ラジアル動圧発生用溝 23 b の一部が露出しても該ラジアル動圧発生用溝 23 b が上記回転側部材 22 b に設けられている場合に比して、潤滑剤 24 の界面の乱れが抑えられて気泡の抱き込みが抑止され、回転時における潤滑剤 24 の外部拡散を防止できるからである。因に、回転時において潤滑剤 24 が移動して露出するラジアル動圧発生用溝 23 b を固定軸 12 側に設けるようにすれば、他の動圧発生用溝、すなわち回転時において潤滑剤 24 より露出しない動圧発生用溝 23 a、17 a、17 b は、固定部材側、回転部材側の何れに設けるようにしても良い（両方でも可）。

【0069】なお、上記差圧差（ $P1 - P2$ ） < 0 とすれば、潤滑剤 24 が図示下側に移動して平衡がとられる

ため、図示下側のラジアル動圧発生用溝 23 b が露出することではなく、従ってこのような場合にあっては、ラジアル動圧発生用溝 23 b が回転側部材 22 a、22 b に設けられていても、気泡発生の際には低減されることになる。一方、この潤滑剤 24 の移動により潤滑剤 24 の界面位置は下がって、図示上側のスラスト動圧軸受部 16 a に位置することになり、当該位置での潤滑剤 24 の界面にスラスト動圧発生用溝 17 a による気泡混入の畏れが生じるが、このような気泡が多少生じて強い求心力（遠心力を受けた潤滑剤 24 が比重の軽い気泡を内側に押しやる力）の作用によって該気泡が大気へ開放されることになるため問題はない。

【0070】因に、上記スラスト動圧軸受部 16 a の動圧発生用溝 17 a を意図的に外周に向かって潤滑剤 24 を加圧しない形状、すなわち図 4 に示したように中心側に向かう加圧力がバランスするような形状とした場合には、溝加工の誤差等により一対の傾斜溝 17 a、17 a のうちの何れか一方側（内側若しくは外側）が長くなって必ず何れか一方側（内周側若しくは外周側）に潤滑剤 24 を加圧する形状となってしまう。ここで、この加工誤差により、溝形状が、本実施形態と同様な外周側に加圧する形状となった場合（一対の傾斜溝 17 a、17 a のうちの内側が長くなった場合）には問題はないが、内周側に加圧する形状となった場合（一対の傾斜溝 17 a、17 a のうちの外側が長くなった場合）には、潤滑剤 24 が上述したと同様に平衡した時に、潤滑剤溜り部 33、X1、X2 が負圧となることがあるので問題となる。従って、該潤滑剤溜り部 33、X1、X2 を正圧にするには、本実施形態のように、スラスト動圧軸受部 16 a の動圧発生用溝 17 a を意図的に外周に向かって潤滑剤 24 を加圧する形状とする必要がある。勿論、下側のラジアル動圧軸受部 22 b の動圧発生用溝 23 b も、意図的に上側に向かって潤滑剤 24 を加圧する形状とする必要がある。なお、上記スラスト動圧軸受部 16 b の動圧発生用溝 17 b、ラジアル動圧軸受部 22 a の動圧発生用溝 23 a も、加工誤差等により、何れか一方側に潤滑剤 24 を加圧する形状となってしまうが、この加圧力は、上述した意図的に生ぜしめられた差圧 $P1$ 、 $P2$ に比して小さいため無視できる。

【0071】一方、図 8 に示されている実施形態は、軸方向に併設された 2 つのラジアル軸受部 42 a、42 b を有する動圧軸受装置に対して本発明を適用したものであって、軸部材 40 と円筒状部材 41 とが、2 つのラジアル軸受部 42 a、42 b を介して相対回転可能に支承されている。

【0072】上記 2 つのラジアル軸受部 42 a、42 b は、円筒状部材 41 側に固定されており、各ラジアル動圧軸受部 42 a、42 b と軸部材 40 との両対向面のうち、少なくとも一方側（上述したように、より好ましくは固定部材側）には、例えば図示展開図のようなヘリン

10

20

30

40

50

ボーン形状のラジアル動圧発生用溝43a、43bが環状に並列するように凹設されていると共に、上記両対向面間には、オイルや磁性流体等からなる所定の潤滑剤44が介在されている。

【0073】すなわち、上記2つのラジアル動圧軸受部42a、42bは、軸方向に延びる一連の軸受空間を画成するように併設されており、これら2つのラジアル動圧軸受部42a、42bを含む軸受空間の軸方向両端部分には、当該ラジアル動圧軸受部42a、42bと軸部材40との隙間を狭小にしてなる2箇所の毛細管シール部45a、45bが、前記2つのラジアル動圧軸受部42a、42bを軸方向両側から挟むように設けられている。

【0074】すなわち、上記各毛細管シール部45a、45bは、図示上下にそれぞれ配置された各ラジアル動圧軸受部42a、42bの一部に設けられており、従って、これらの各毛細管シール部45a、45bを構成する狭小隙間は、各ラジアル動圧軸受部42a、42bの軸受部を構成する隙間に対して直接的に連通されていると共に、各毛細管シール部45a、45bとラジアル動圧軸受部42a、42bとの連通部分には、隙間を拡大するような凹部は設けられていない。

【0075】これら図示上下両側の各毛細管シール部45a、45bは、当該毛細管シール部45a、45bを構成する狭小隙間が図示上下の外方に開口するように軸方向に沿って設けられている。そして、これらの各毛細管シール部45a、45bの狭小隙間を構成するように軸部材40側に各々対面しているラジアル動圧軸受部42a、42bの内周壁は、軸方向外方に向かって隙間寸法を連続的に拡大する傾斜壁に形成されている。

【0076】前述したように、2つのラジアル動圧軸受部42a、42bを含む上記2箇所の毛細管シール部45a、45b同士の間軸受空間部分には、潤滑剤44が連続して充填されており、その潤滑剤44の図示上下端における各液面位置が、停止時においては、図中にそれぞれ実線A、Bで示されているように、各毛細管シール部45a、45bの内部所定位置となるように設定されている。

【0077】上記図示上側のラジアル動圧軸受部42aでは、一對の動圧発生用溝43a、43aのうち、軸方向外側（図示上側）の傾斜溝の軸方向長さLa1が、軸方向内側（図示下側）の傾斜溝の軸方向長さLa2より長く設定されている（La1>La2）。すなわち、このような軸方向に非対称な溝形状に形成されていることによって、図示上側の傾斜溝による下方加圧力が、図示下側の傾斜溝による上方加圧力を上回り、軸方向一方側（図示下側）に向かって所定の差圧P3を潤滑剤44に生じさせる構造になされている。

【0078】一方、図示下側のラジアル動圧軸受部42bでは、一對の動圧発生用溝43b、43bのうち、軸

方向外側（図示下側）の傾斜溝の軸方向長さLb1が、軸方向内側（図示上側）の傾斜溝の軸方向長さLb2より長く設定されている（Lb1>Lb2）。すなわち、このような軸方向に非対称な溝形状に形成されていることによって、図示下側の傾斜溝による上方加圧力が、図示上側の傾斜溝による下方加圧力を上回り、軸方向一方側（図示上側）に向かって所定の差圧P4を潤滑剤44に生じさせる構造になされている。

【0079】このように軸受空間内に一連に充填されている潤滑剤44には、図示上側のラジアル動圧軸受部42aにより生じる差圧P3と、図示下側のラジアル動圧軸受部42bにより生じる差圧P4とが作用することになるが、本実施形態では、ラジアル動圧軸受部42bによる差圧P4とラジアル動圧軸受部42aによる差圧P3との差圧差（P4-P3）が、（P4-P3）>0となるように、上記ラジアル動圧発生用溝43b、43aの形状が決定されている。

【0080】また、ラジアル動圧軸受部42a、42b同士の軸方向間部分には、先の実施形態と同様な潤滑剤溜り部46が設けられている。

【0081】従って、回転時においては、上記差圧差（P4-P3）を解消するように潤滑剤44が僅かに図示上方に移動して、潤滑剤44の両液面のうち、図示上端側の液面の位置が、図中の破線A'で示されているように、図示上側の毛細管シール部45a内に保持されると共に、図示下端側の液面位置は、図中の破線B'で示されているように、図示下側に配置されているラジアル動圧軸受部42b内に引き込まれた位置に引き込まれてバランスがとられる。

【0082】このバランスは、最外端の一方に位置するラジアル動圧軸受部44aのラジアル動圧発生用溝43aによる潤滑剤44の他方のラジアル動圧軸受部44a側（潤滑剤溜り部46側）に向かう加圧力と、最外端の他方に位置するラジアル動圧軸受部42bのラジアル動圧発生用溝43bによる潤滑剤44の他方のラジアル動圧軸受部42a側（潤滑剤溜り部46側）に向かう加圧力と、の互いに押し合う加圧力の均衡によりとられるため、該潤滑剤溜り部46は加圧されることになり、この潤滑剤溜り部46においては、潤滑剤44に溶け込んでいた空気が分離・気化することなく体積膨張が行われずに、回転時における潤滑剤44の外部拡散が防止されるようになっている。

【0083】また、上記差圧差（P4-P3）により潤滑剤44は図示上側に向かって移動して偏位することとなるが、この潤滑剤44の移動方向下流側（図示上側）の毛細管シール部45aは、潤滑剤44の移動による偏位分を許容する隙間内容量に設定されている。従って上述したように、回転時においても、潤滑剤44の図示上端側の液面位置は毛細管シール部45a内に保持される（図8中の破線A'参照）。

10

20

30

40

50

【0084】一方、前述したように、潤滑剤44の移動方向上流側（図示下側）の毛細管シール部45bは、ラジアル動圧軸受部42bの軸方向外端部分（図示下端部分）に設けられているため、潤滑剤44が上述した差圧差により図示上側に向かって移動して偏位した際には、図8中の破線B'で示されているように、当該図示下側の毛細管シール部45b内の潤滑剤44の全部が消失し、且つラジアル動圧軸受部42b内の潤滑剤44における図示下側の一部が消失するように構成されている。そして、潤滑剤44が枯渇した分、図示下側の動圧発生用溝43bで発生する動圧力が低下して差圧が解消する。このような実施形態装置においても、上述した実施形態と同様な作用・効果を得ることができる。なお、先の実施形態で説明したように、回転時において潤滑剤44が移動して露出するラジアル動圧発生用溝43bを固定部材側に設けるようにすれば、気泡の抱き込みを抑止でき、回転時における潤滑剤44の外部拡散をより防止できることになる。勿論、この実施形態にあっても、他の動圧発生用溝すなわちラジアル動圧発生用溝43aは、固定部材側、回転部材側の何れに設けるようにしても良い（両方でも可）。

【0085】また、図9に示されている実施形態は、軸方向に併設された2つのスラスト軸受部52a、52bを有する動圧軸受装置に対して本発明を適用したものであって、軸部材50と円筒状部材51とが、上記2つのスラスト軸受部52a、52bを構成するスラスト板52を介して相対回転可能に支承されている。

【0086】上記2つのスラスト軸受部52a、52bを構成するスラスト板52は、軸部材50側に対して一体に固定されており、各スラスト動圧軸受部52a、52bと円筒状部材との両対向面のうち、少なくとも一方側には、例えば図5に示したようなヘリンボーン形状のスラスト動圧発生用溝17aが環状に並列するように凹設されていると共に、上記両対向面間には、オイルや磁性流体等からなる所定の潤滑剤54が介在されている。

【0087】すなわち、各スラスト動圧軸受部52a、52bでは、図5及び図6下半分に示されるように、一対の動圧発生用溝17a、17aのうち、半径方向内側の傾斜溝の半径方向長さLb1が、半径方向外側の傾斜溝の半径方向長さLb2より実質的に長く設定されており（実質的にLb1>Lb2）、このような半径方向に実質的に非対称な溝形状に形成されていることによって、半径方向内側の傾斜溝による加圧力が、半径方向外側の傾斜溝による加圧力を上回り、従って図示上側のスラスト動圧軸受部52aでは半径方向外方に向かう差圧P5を潤滑剤24に生じさせ、図示下側のスラスト動圧軸受部52bでは半径方向外方に向かう差圧P6を潤滑剤24に生じさせるように構成されている。

【0088】このように軸受空間内に一連に充填されている潤滑剤54には、図示上側のスラスト動圧軸受部5

2aにより生じる差圧P5と、図示下側のスラスト動圧軸受部52bにより生じる差圧P6とが作用することになるが、本実施形態では、差圧P6と差圧P5との差圧差（ $P6 - P5$ ）が、 $(P6 - P5) > 0$ となるように、上記各スラスト動圧発生用溝の形状が決定されている。

【0089】また、上記2つのスラスト動圧軸受部52a、52bは、軸方向に所定間隔離して設けられているが、これら2つのスラスト動圧軸受部52a、52b同士は、一連の軸受空間を断面コの字状に画成するように併設されており、当該両スラスト動圧軸受部52a、52bを含む軸受空間の両端部分には、前記円筒状部材51とスラスト板52との隙間を狭小にしてなる2箇所の毛細管シール部55a、55bが設けられている。

【0090】これらの各毛細管シール部55a、55bは、各スラスト動圧軸受部52a、52bの最内周部分にそれぞれ設けられており、スラスト板52の内周部分と、円筒状部材51の内周部分との間の軸方向隙間を狭小にすることによって形成されている。従って、これらの各毛細管シール部55a、55bを構成する狭小隙間は、各スラスト動圧軸受部52a、52bの軸受部を構成する隙間に対して直接的に連通されていると共に、各毛細管シール部55a、55bとスラスト動圧軸受部52a、52bとの連通部分には、隙間を拡大するような凹部は設けられていない。

【0091】これら図9における上下両側の各毛細管シール部55a、55bは、当該毛細管シール部55a、55bを構成する狭小隙間が内周側に開口するように設けられている。そして、これらの各毛細管シール部55a、55bの狭小隙間を構成するようにスラスト板52に対面している円筒状部材51の内周側壁は、内周側に向かって隙間寸法を連続的に拡大する傾斜壁に形成されている。

【0092】前述したように、2つのスラスト動圧軸受部52a、52bを含む上記2箇所の毛細管シール部55a、55b同士の間の軸受空間部分には、潤滑剤54が連続して充填されており、その潤滑剤54の両端における各液面位置が、停止時においては、図9中にそれぞれ実線A、Bで示されているように、各毛細管シール部55a、55bの内部所定位置となるように設定されている。

【0093】また、スラスト動圧軸受部52a、52b同士の間の部分、すなわちスラスト板52の外周面とこの外周面に対向する円筒状部材51との間には、先の実施形態と同様な潤滑剤溜り部57が設けられている。

【0094】従って、回転時においては、上記差圧差（ $P6 - P5$ ）を解消するように潤滑剤54が僅かに移動して、潤滑剤54の両液面のうち、図示上端側の液面の位置が、図中の破線A'で示されているように、図示上側の毛細管シール部55a内に保持されると共に、図

10

20

30

40

50

示下端側の液面位置は、図中の破線B'で示されているように、図示下側に配置されているスラスト動圧軸受部52b内に引き込まれた位置に引き込まれてバランスがとられる。

【0095】このバランスは、最外端の一方に位置するスラスト動圧軸受部52aによる潤滑剤54の他方のスラスト動圧軸受部52b側（潤滑剤溜り部57側）に向かう加圧力と、最外端の他方に位置するスラスト動圧軸受部52bによる潤滑剤54の他方のスラスト動圧軸受部52a側（潤滑剤溜り部57側）に向かう加圧力と、の互いに押し合う加圧力の均衡によりとられるため、該潤滑剤溜り部57は加圧されることになり、この潤滑剤溜り部57においては、潤滑剤54に溶け込んでいた空気が分離・気化することなく体積膨張が行われずに、回転時における潤滑剤54の外部拡散が防止されるようになっている。

【0096】また、このようにスラスト動圧軸受部52a、52bによって潤滑剤54に生じさせられる差圧差（ $P6 - P5$ ）により、潤滑剤54は毛細管シール部52b側から52a側に向かって移動して偏位することとなるが、この潤滑剤54の移動方向下流側（図9上側）の毛細管シール部55aは、潤滑剤54の移動による偏位分を許容する隙間内容量に設定されている。従って上述したように、回転時においても、潤滑剤54の図9上側の液面位置は毛細管シール部55a内に保持される（図9中の破線A'参照）。

【0097】一方、前述したように、潤滑剤54の移動方向上流側（図9下側）の毛細管シール部55bは、スラスト動圧軸受部52bの内周側部分に設けられているため、潤滑剤54が上述した差圧差により移動して偏位した際には、図9中の破線B'で示されているように、当該図9下側の毛細管シール部55b内の潤滑剤54の全部が消失し、且つスラスト動圧軸受部52b内の潤滑剤54における内周側の一部が消失するように構成されている。そして、潤滑剤54が枯渇した分、図9下側の動圧発生用溝53bで発生する動圧力が低下して差圧が解消するようになっている。このような実施形態装置においても、上述した実施形態装置と同様な作用・効果を得ることができる。なお、先の実施形態で説明したように、回転時において潤滑剤54が移動して露出する図示下側のスラスト動圧発生用溝（スラスト動圧軸受部52b側のスラスト動圧発生用溝）を固定部材側に設けるようにすれば、気泡の抱き込みを抑止でき、回転時における潤滑剤54の外部拡散をより防止できることになる。勿論、この実施形態にあっても、他の動圧発生用溝、すなわち図示上側のスラスト動圧発生用溝（スラスト動圧軸受部52a側のスラスト動圧発生用溝）は、固定部材側、回転部材側の何れに設けるようにしても良い（両方でも可）。

【0098】以上、本発明者によってなされた発明の実

施形態を具体的に説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変形可能であるというのはいうまでもない。

【0099】例えば、図10(a)に示されているように、スラスト動圧軸受部を構成するスラスト板66を、2つのラジアル動圧軸受部62a、62bの軸方向間部分に配置し、図示上側のラジアル動圧発生用溝を図8に示した図示上側のラジアル動圧発生用溝と同様な形状にして図示下側に向かう差圧P7を生ぜしめると共に、図示下側のラジアル動圧発生用溝を図8に示した図示下側のラジアル動圧発生用溝と同様な形状にして図示上側に向かう差圧P8を生ぜしめ、且つ差圧差（ $P8 - P7$ ） > 0 となるように構成し、且つ潤滑剤の移動方向下流側（図示上側）の毛細管シール部65aの隙間内容量を、潤滑剤の移動による偏位分を許容する容量に設定する構成とすることも可能である。

【0100】また、例えば図10(b)に示されているように、スラスト動圧軸受部を構成するスラスト板66を、上述した第1の実施形態とは反対側である図示下側のラジアル動圧軸受部62bに隣接して配置し、図示上側のラジアル動圧発生用溝を図8に示した図示上側のラジアル動圧発生用溝と同様な形状にして図示下側に向かう差圧P9を生ぜしめると共に、図示下側のラジアル動圧発生用溝を図8に示した図示下側のラジアル動圧発生用溝と同様な形状にして図示上側に向かう差圧P10を生ぜしめ、且つ差圧差（ $P9 - P10$ ） > 0 となるように構成し、且つ潤滑剤の移動方向下流側（図示下側）の毛細管シール部65bの隙間内容量を、潤滑剤の移動による偏位分を許容する容量に設定する構成とすることも可能である。

【0101】また、本発明を適用する動圧発生用溝は、上述した実施形態におけるようなヘリングボーン形状のものに限定されることはなく、その他のあらゆる形状の動圧発生用溝に対しても本発明は同様に適用することができる。

【0102】さらに、上述した実施形態は、いわゆる軸固定型のモータに対して本発明を適用したものであるが、軸回転型のモータに対しても本発明は同様に適用することができる。

【0103】さらにまた本発明は、上述したHDDモータ以外に用いられる動圧軸受装置に対しても同様に適用することができる。

【0104】

【発明の効果】以上述べたように本発明は、固定部材と回転部材との間の狭い隙間からなる毛細管シール部を軸受空間の両端側に設けることによって、本来の毛細管力による引戻し力に加えて、大きな慣性力が負荷された場合に潤滑剤の流体粘性抵抗による動圧力によって潤滑剤の外部拡散を防止すると共に、動圧軸受部で潤滑剤に対して意図的に差圧を生じさせ、この潤滑剤の差圧を解消

するように潤滑剤を僅かに移動させることによってバランス状態として、これにより回転時における潤滑剤の外部拡散を防止し、さらに潤滑剤の差圧を解消するように潤滑剤の移動が僅かに行われて平衡状態になされた時、最外端に位置する各動圧軸受部の動圧溝により、該最外端に位置する両動圧軸受部の間の軸受空間（潤滑剤溜り部）を潤滑剤により加圧し、この軸受空間において潤滑剤に溶け込んでいた空気を分離・気化させずに体積膨張が行われないようにして回転時における潤滑剤の外部拡散をより防止し、加えて、毛細管シール部の隙間内容量を潤滑剤の移動による偏位分を許容する容量に設定することによって潤滑剤の漏れを防止し、且つこのような漏れ防止作用を有する毛細管シール部を、簡易な傾斜面により構成することによって製作の容易化を図るように構成したものであるから、簡易で低コストな構造で、潤滑剤漏れを良好に防止しつつ長寿命化を図ることができ、しかも動圧軸受装置の適用性を拡大することができ、動圧軸受装置の信頼性を飛躍的に向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施形態における動圧軸受装置を備えたHDDスピンドルモータを表した横断面図である。

【図 2】ラジアル動圧発生用溝を表した正面展開図である。

【図 3】下側の毛細管シール部の構造を表した部分拡大横断面図である。

【図 4】下側のスラスト動圧発生用溝を表した平面図である。

【図 5】上側のスラスト動圧発生用溝を表した平面図で*

*ある。

【図 6】下側、上側のスラスト動圧発生用溝の具体的な寸法形状を上半分、下半分でそれぞれ分けて表した平面説明図である。

【図 7】上側の毛細管シール部の構造を表した部分拡大横断面図である。

【図 8】2つのラジアル動圧軸受部を有する動圧軸受装置に本発明を適用した実施形態を表した半横断面図である。

10 【図 9】2つのスラスト動圧軸受部を有する動圧軸受装置に本発明を適用した実施形態を表した半横断面図である。

【図 10】動圧軸受部の配置関係を変更した場合を模式的に示した半横断面図である。

【符号の説明】

1 2 固定部材

1 6 a, 1 6 b, 5 2 a, 5 2 b スラスト動圧軸受部

1 7 a, 1 7 b スラスト動圧発生用溝

2 1 回転部材

20 2 2 a, 2 2 b, 4 2 a, 4 2 b, 6 2 a, 6 2 b ラジアル動圧軸受部

2 3 a, 2 3 b, 4 3 a, 4 3 b ラジアル動圧発生用溝

2 4, 4 4, 5 4 潤滑剤

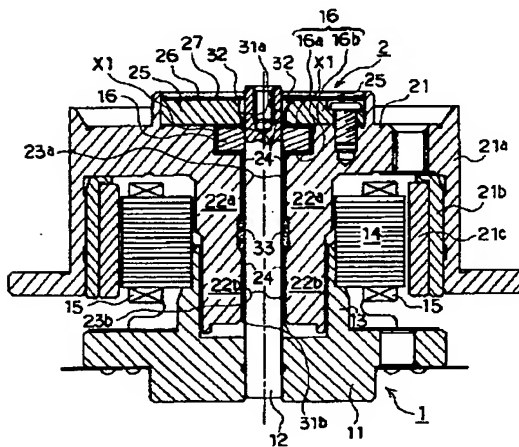
3 1 a, 3 1 b, 4 5 a, 4 5 b, 5 5 a, 5 5 b, 6

5 a, 6 5 b 毛細管シール部

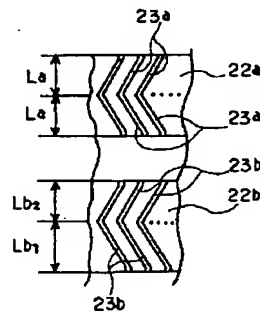
3 3, 4 6, 5 7, X 1, X 2 最外端に位置する両動圧軸受部の間の軸受空間（潤滑剤溜り部）

P 1, P 2 ~ P 1 0 差圧

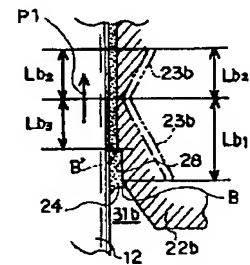
【図 1】



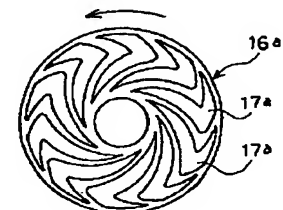
【図 2】



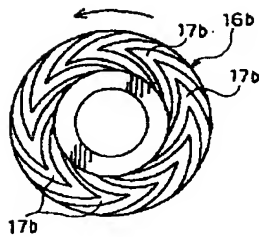
【図 3】



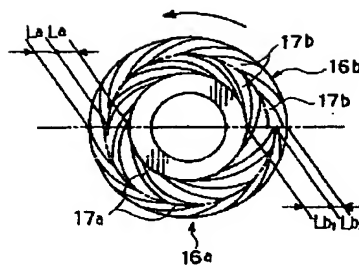
【図 5】



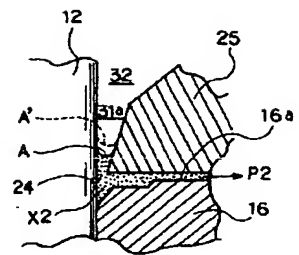
【図4】



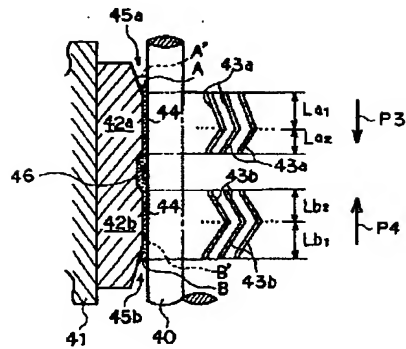
【図6】



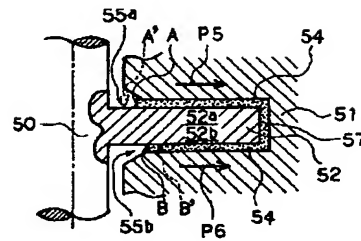
【図7】



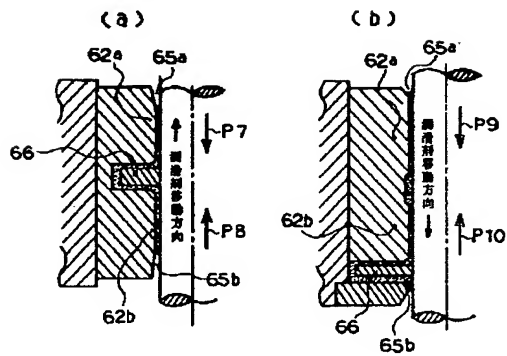
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72) 発明者 早川 正通
長野県諏訪郡下諏訪町5329番地 株式会社
三協精機製作所内

THIS PAGE BLANK (USPTO)

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
【部門区分】第5部門第2区分
【発行日】平成13年2月23日(2001. 2. 23)

【公開番号】特開平10-73127
【公開日】平成10年3月17日(1998. 3. 17)
【年通号数】公開特許公報10-732
【出願番号】特願平8-247174
【国際特許分類第7版】
F16C 17/10
【F I】
F16C 17/10 A

【手続補正書】

【提出日】平成11年10月27日(1999. 10. 27)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】0016
【補正方法】変更
【補正内容】

【0016】2) 長寿命化を可能とするための条件。
長寿命化を図るためには、まず、軸受部内に充填された潤滑剤の容量の何倍かの量の潤滑剤が余裕分として保持されていることが必要である。これは、軸受の使用により潤滑剤に摩耗粉が混入したり、化学的変化を生じたり、蒸発や漏れなどが、材料・条件により程度の差はあるものの必ず生じ、これらを原因として潤滑剤の劣化・減少を招来するからである。従って、動圧軸受の長寿命化は、どの程度の余裕潤滑剤を内部に保持できるかが目安となると共に、蒸発や漏れなどによる潤滑剤の減少をいかに少なくできるかがポイントとなる。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】0070
【補正方法】変更
【補正内容】

【0070】因に、上記スラスト動圧軸受部16aの動圧発生用溝17aを意図的に外周に向かって潤滑剤24を加圧しない形状、すなわち図4に示したように中心側に向かう加圧力がバランスするような形状とした場合には、溝加工の誤差等により一对の傾斜溝17a、17aのうちの何れか一方側(内側若しくは外側)が長くなって何れか一方側(内周側若しくは外周側)に潤滑剤24を加圧する形状となってしまう場合がある。ここで、この加工誤差により、溝形状が、本実施形態と同様な外周側に加圧する形状となった場合(一对の傾斜溝17a、17aのうちの内側が長くなった場合)には問題はないが、内周側に加圧する形状となった場合(一对の傾斜溝17a、17aのうちの外側が長くなった場合)には、

潤滑剤24が上述したと同様に平衡した時に、潤滑剤溜り部33、X1、X2が負圧となることがあるので問題となる。従って、該潤滑剤溜り部33、X1、X2を正圧にするには、本実施形態のように、スラスト動圧軸受部16aの動圧発生用溝17aを意図的に外周に向かって潤滑剤24を加圧する形状とする必要がある。勿論、下側のラジアル動圧軸受部22bの動圧発生用溝23bも、意図的に上側に向かって潤滑剤24を加圧する形状とする必要がある。なお、上記スラスト動圧軸受部16bの動圧発生用溝17b、ラジアル動圧軸受部22aの動圧発生用溝23aも、加工誤差等により、何れか一方側に潤滑剤24を加圧する形状となってしまうが、この加圧力は、上述した意図的に生ぜしめられた差圧P1、P2に比して小さいため無視できる。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】0082
【補正方法】変更
【補正内容】

【0082】このバランスは、最外端の一方に位置するラジアル動圧軸受部42aのラジアル動圧発生用溝43aによる潤滑剤44の他方のラジアル動圧軸受部42b側(潤滑剤溜り部46側)に向かう加圧力と、最外端の他方に位置するラジアル動圧軸受部42bのラジアル動圧発生用溝43bによる潤滑剤44の他方のラジアル動圧軸受部42a側(潤滑剤溜り部46側)に向かう加圧力と、の互いに押し合う加圧力の均衡によりとられるため、該潤滑剤溜り部46は加圧されることになり、この潤滑剤溜り部46においては、潤滑剤44に溶け込んでいた空気が分離・気化することはなく体積膨張が行われずに、回転時における潤滑剤44の外部拡散が防止されるようになっている。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】0087
【補正方法】変更



特開平10-73127

【補正内容】

【0087】すなわち、各スラスト動圧軸受部52a, 52bでは、図5及び図6下半分に示されるように、一対の動圧発生用溝17a, 17aのうち、半径方向内側の傾斜溝の半径方向長さLb1が、半径方向外側の傾斜溝の半径方向長さLb2より実質的に長く設定されており（実質的に $Lb1 > Lb2$ ）、このような半径方向に実質的に非対称な溝形状に形成されていることによって、半径方向内側の傾斜溝による加圧力が、半径方向外側の傾斜溝による加圧力を上回り、従って図示上側のスラスト動圧軸受部52aでは半径方向外方に向かう差圧P5を潤滑剤54に生じさせ、図示下側のスラスト動圧軸受部52bでは半径方向外方に向かう差圧P6を潤滑剤54に生じさせるように構成されている。

【手続補正5】

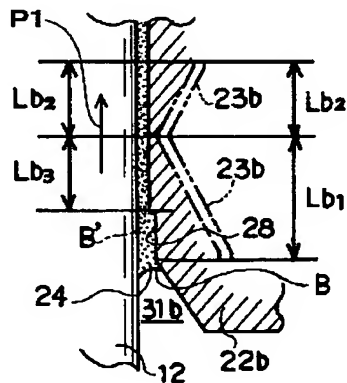
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図3

【補正方法】変更

【補正内容】

【図3】



【手続補正6】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図8

【補正方法】変更

【補正内容】

【図8】

